

Elucidating the Mechanisms of Organic Phosphorus Use Efficiency (PoUE) in Symbiotically Grown *Vicia faba* L. Plants

von Frank Kwarteng Amoako

Jüngste weltweite Prognosen deuten darauf hin, dass die moderne Landwirtschaft einen Paradigmenwechsel bei dem Phosphor (P)-Ressourcen benötigt, weg von chemischen P-Düngern hin zu nachhaltigen Quellen. Dabei wird zunehmend die Verwendung von organischem P (Po) als mögliche Alternative vorgeschlagen, auch um die hohe Abhängigkeit von jenen chemischen P-Düngern im gegenwärtigen System zu verringern. Diese Studie soll daher die Mechanismen, die der Effizienz der organischen Phosphornutzung (PoUE) in nodulierenden Pflanzen der Gattung *Vicia faba* zugrunde liegen, umfassend aufklären.

Im ersten Versuch wurden acht Sorten *Vicia fabas* hinsichtlich ihrer PoUE untersucht. Diese wurden symbiotisch in 6 kg Boden unter Gewächshausbedingungen mit drei P-Quellen angebaut: Phytinsäure (Po), KH_2PO_4 (Pi) und ohne P. Die applizierte P Menge betrug $1,79 \text{ g kg}^{-1}$ Erde, zusätzlich wurde der Boden mit *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* 3841 geimpft. Auf diese Weise wurden die zwei Sorten selektiert, welche die höchste bzw. die niedrigste PoUE aufwiesen. Die Ergebnisse zeigten, dass die mit Po und Pi versorgten Pflanzen, signifikant höhere Trockenmassen bildeten als die Variante ohne P, sich dabei aber nicht voneinander unterschieden. Trotz gleicher Trockenmasse lag die P-Aufnahme der mit Pi-Varianten im Vergleich zu den mit Po behandelten Pflanzen um das Zweifache höher, was die hohe Nutzungseffizienz des Po durch *Vicia faba* verdeutlicht. Die mit Po behandelte Sorte Tiffany erwies sich aufgrund ihrer höheren Po-Verwertungseffizienz ($0,48 \text{ g mg}^{-1}$), ihres Po-Begünstigungsfaktors (80 %) und ihrer durchschnittlichen Po-Aufnahmeeffizienz (50 %) als die herausragendste Sorte, während Fuego die am wenigsten effiziente Sorte darstellte.

Die kontrastierenden Sorten Tiffany und Hiverna wurden für weitere Versuche in Hydrokultur ausgewählt, um hier die Anpassungen der Mineral- und Kohlenstoffmetaboliten in den Knöllchen von symbiotisch gewachsenen *Vicia faba*-Pflanzen zu untersuchen. Dafür wurden die Pflanzen mit den bereits genannten Bakterien, sowie entweder mit P-Mangel ($2 \mu\text{M KH}_2\text{PO}_4$, -Pi), ausreichendem P ($200 \mu\text{M KH}_2\text{PO}_4$, +Pi) oder Phytinsäure ($200 \mu\text{M}$, Po) behandelt. Interessanterweise wiesen die mit Po behandelten Pflanzen in diesem Medium nicht nur ähnliche Wachstumsmerkmale, Biomasseakkumulation und Nodulation auf, sondern akkumulierten im Vergleich zu den +Pi-Varianten auch das meiste Pi, Phosphat und andere anorganische Anionen. Po-behandelte Pflanzen produzierten tendenziell mehr organische Säuren als +Pi-behandelte, was die Hypothese stützt, dass ein höherer P-Gehalt das Wachstum verbessert und somit den Knöllchenbakterien mehr erforderlichen Kohlenstoff für eine höhere N_2 -Fixierung und P-Homöostase zur Verfügung stellt.

Um die Mineralisierungs- und Mobilisierungsmechanismen zu bestimmen, die den Po-Substraten in der Sorte Hiverna zugrunde liegen, wurden die Phosphatase-Aktivitäten und die Transkript-Expression der H^+ -ATPase-Gene der Plasmamembran (PM) untersucht. Die Pflanzen wurden 30 Tage hydroponisch unter denselben Wachstumsbedingungen und Behandlungsstufen wie oben beschrieben kultiviert. Die Ergebnisse zeigen, dass die Po-Versorgung nicht nur das Wachstum, die Biomasse, die P-Aufnahme und die Gasaustauschparameter verbesserte, sondern auch die Aktivitäten der Phosphatasen und N-Assimilationsenzyme im Vergleich zur Pi-Variante erhöhte. In Bezug auf die Transkription zeigten die Po- im Vergleich zu den Pi-behandelten Pflanzen sowohl in den Wurzeln, Knöllchen und Blättern eine höhere mRNA-Expression aller H^+ -ATPase-Gene der PM. Eine Korrelationsanalyse zeigte in den Geweben synergetische und antagonistische Wechselwirkungen zwischen Phosphatase-Aktivitäten und der transkriptionellen Expression von PM H^+ -ATPase-Gen-Isoformen. Insgesamt bietet diese Studie einen wichtigen Einblick in die Mechanismen, die die PoUE von symbiotisch angebauten *Vicia faba*-Pflanzen koordinieren und die auch bei anderen Nutzpflanzenarten Anwendung finden könnten.